

(別紙5)

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 25-85
補助事業名 平成25年度 マイクロピッチラックを用いた超精密位置決めステージの研究 補助事業
補助事業者名 首都大学東京 大学院理工学研究科 本田智

1 補助事業の概要

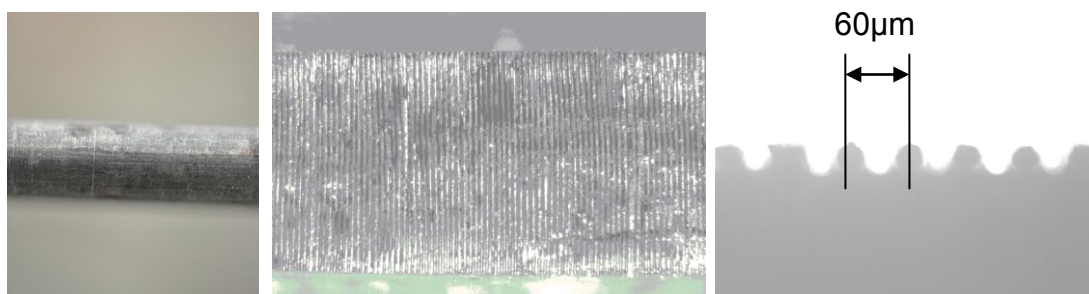
(1) 事業の目的

本研究では、線径が $30\mu\text{m}$ 以下の超極細ワイヤを用いて、ピッチが $60\mu\text{m}$ 以下のマイクロピッチラックと、このラックに噛み合う同じピッチのマイクロピッチ歯を試作し、このマイクロピッチラックにマイクロピッチ歯を尺取虫的に噛み合い移動させることで、ステージを $60\mu\text{m}$ ずつ精密に移動できる超精密ステージを試作・研究する。

(2) 実施内容 (<http://www.comp.tmu.ac.jp/honda-lab/HondaLabp2.html>)

① マイクロピッチラックの試作と評価

線径が $30\mu\text{m}$ のステンレス(SUS304)線を用いて、ピッチ $60\mu\text{m}$ のマイクロピッチラックとマイクロピッチ歯を試作した。



(a) 全体写真

(b) 拡大写真

(c) 断面写真

図1 超極細ワイヤを用いたマイクロピッチラック

(芯材:銅棒, 直径 4mm), (ワイヤ:SUS304ワイヤ, 線径 $30\mu\text{m}$)

② 三角カム機構および変位縮小機構の試作と評価

試作したピッチ $60\mu\text{m}$ のマイクロピッチ歯をマイクロピッチラックに尺取虫的に噛み合わせるためには、マイクロピッチ歯が $30\mu\text{m}$ 離れたところから前進してマイクロピッチラックに噛み合い/噛み合った状態から $30\mu\text{m}$ 歯が後退して離脱する「噛み合い動作」を実現する必要がある。研究では三角カム機構と変位縮小機構を複合させた噛み合いフレームを考案開発した。そして理論解析と、試作した噛み合いフレームによる実験によって、その動作を確認した。

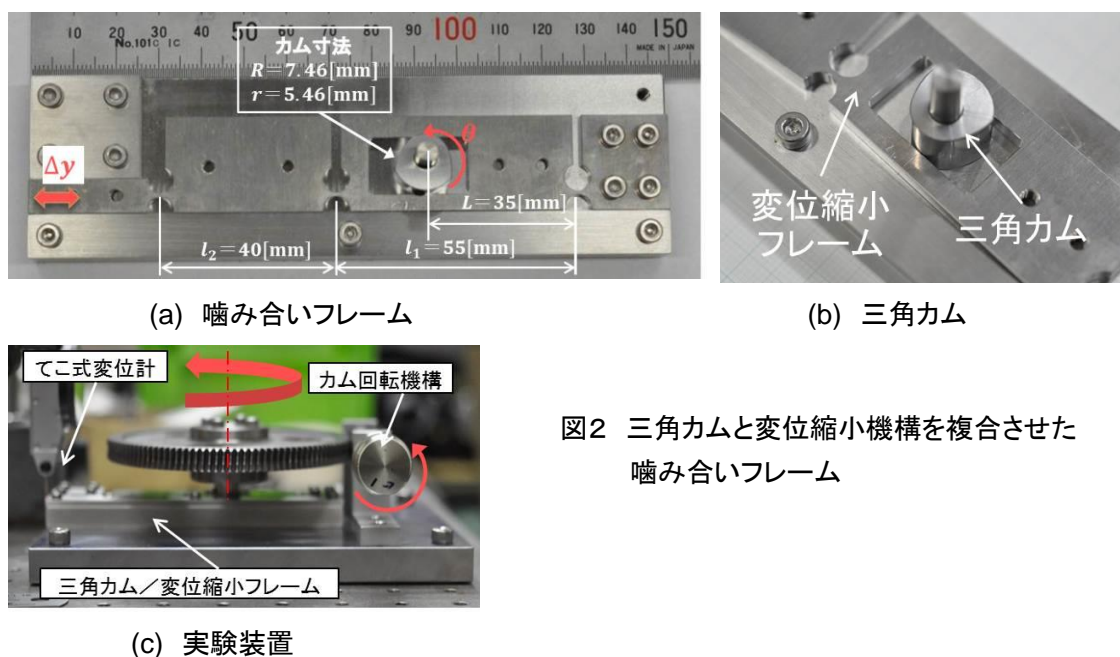


図2 三角カムと変位縮小機構を複合させた噛み合いフレーム

③精密ステージの設計と製作

試作したピッチ $60\mu\text{m}$ のマイクロピッチ歯をマイクロピッチラックに尺取虫的に噛み合わせるためには、マイクロピッチ歯が噛み合った状態で $60\mu\text{m}$ 右/左に移動させ、噛み合っていない状態で $60\mu\text{m}$ 右/左へ移動する「尺取り動作」を実現する必要がある。研究では噛み合いフレームと同じ構造のフレームを4枚重ねて、三角カムが1回転(360°)する間に、マイクロピッチ歯がマイクロピッチラックに尺取虫的に噛み合い、ステージが $60\mu\text{m}$ 移動する、尺取り駆動ユニットを考案・解析した。そして、円弧と楕円弧を連結した三角カムの輪郭に微小の補正を加えることで、どの回転角度に対してもカムの輪郭幅が一定になる新しい三角カム輪郭を導出した。今後、ステージを設計・製作する予定である。

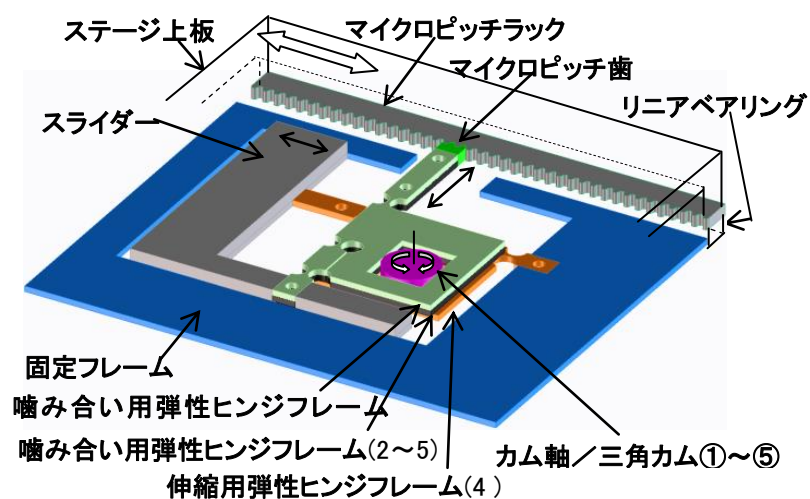


図3 マイクロピッチラックを用いた精密位置決めステージの構造

(別紙5)

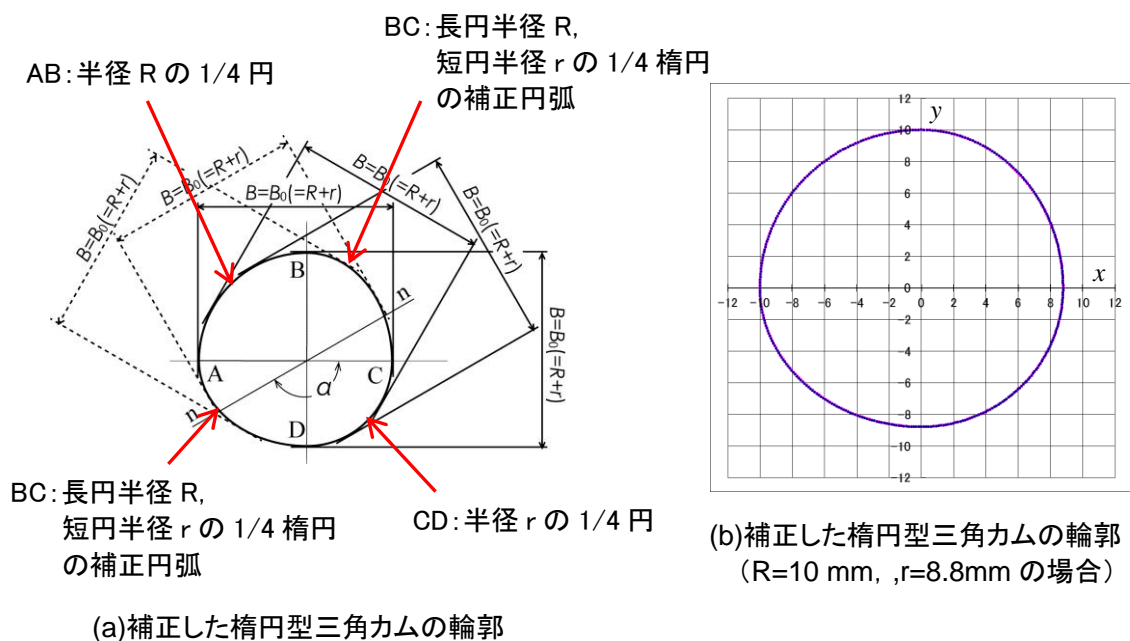


図4 補正した楕円型三角カムの輪郭

2 予想される事業実施効果

本補助事業によって、(1)線径が $30\mu\text{m}$ の超極細ワイヤを用いてピッチが $60\mu\text{m}$ のマイクロピッチラックとマイクロピッチ歯を製作できることが示された。そしてこのマイクロピッチラックにマイクロピッチ歯を尺取り虫的に噛み合わせることで精密位置決めステージが製作できることが示された。また、(2)「円弧と楕円弧を連結した楕円型三角カム」と「変位縮小フレーム」を複合させることで、今まで開発されたことがない機械式の構造で、かつ、高速駆動が可能な精密尺取り駆動ユニットが得られことが示された。以上のことにより、今後、精密位置決めステージとして、マイクロピッチラックを用いた精密ステージが、学術的および実用的に製作され、また、精密ステージのひとつとして、この形式のステージが製作されると考えている。

3 本事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

最終成果物として、ICPT2014 (位置決めに関する国際会議) において、”Development of a precise positioning stage traveling on a micro-pitch rack”, Proceeding of the ICPT2014, P2-25DN, pp479-482. と、2015年度精密工学会春季大会において、マイクロピッチラックを用いた精密ステージの研究 (第5報), J67, pp601-602, を発表した。

P2-25DN

Development of a precise positioning stage traveling on a micro-pitch rack*

Shonda Hirohisa*

Abstract
Recently, a precise positioning stage is installed in a precise machine tool, a measuring instrument. In this paper, a novel precise positioning stage has been developed. The stage consists of the micro-pitch rack, the elastic flexure frame and five straight axes. The elastic flexure frame is supported by springs of the straight axes, and the straight axes are supported by the micro-pitch rack. The structure is supported and the stage has control system to avoid backlash, the stage does not slip in the micro-pitch rack. In this paper, structure and motion of this stage are described under theoretical analysis and experimental results.

1. Introduction

Recently, precise positioning stage is installed in a precise machine tool, a measuring instrument and ICLM manufacturing equipment. These precise stage require many mechanical properties and some control properties. The mechanical properties are as follows; their mechanical properties are supporting their mass, an elastic and impact, their stiffness are high. The control properties are as follows; their drive quantities are elastic, their control system are widely interested.

Several precise stages with the mechanical properties in the control properties have been developed [1]-[3]. First stage consists of a ball screw, an air slider with a linear actuator. Second stage is formed into a linear stage with a piezoelectric motor. Third stage consists of a ball screw mechanism driven by piezoelectric actuator. Fourth stage is positioned by the ball screw mechanism on micro-pitch rack as shown in Figure 1 and 2. However, the first stage is higher frictional contact elements are unavoidable (slipping) if the ball screw and the air slider should be used (lost) if measurement accuracy of the stage is important. Second stage is compact, however, control system of the second stage is complicated because the ball screw control accuracy control the position without supporting of elastic system. Control system of the ball screw control system is complicated with an elastic system of the stage equipped with a ball spring between a guide rail and driving plate of the ball screw system. First stage consists of elastic flexure frame, straight axes with an elastic flexure frame. The elastic flexure frame is supported.

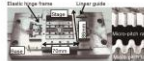


Fig. 1. Photo of precise positioning stage traveling on a micro-pitch rack.

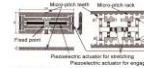


Fig. 2. Structure and ball screw mechanism of the elastic flexure frame.



Fig. 3. The micro-pitch rack utilized onto the flexure frame.

*Received on November 18, 2014
*TMU: Faculty member, Department of Mechanical Engineering, Tokyo Metropolitan University (1-1, Minamiosaka, Hachioji, Tokyo 192-0292, JAPAN)

マイクロピッチラックを用いた精密ステージの研究 (第5報)

東京大学東大 (1) 本田 智, 中野 達夫

Development of a Precise Positioning Stage Traveling on Micro-Pitch Racks (5th Report)

Shonda Hirohisa (1) Honda Hirohisa and Nakano Tatsuo

Abstract
A novel precise positioning stage has been developed. The stage is accurately positioned every 50 micrometers by a piezoelectric actuator. The stage consists of the micro-pitch rack, the elastic flexure frame, and five straight axes. The elastic flexure frame is supported by springs of the straight axes, and the straight axes are supported by the micro-pitch rack. The structure is supported and the stage has control system to avoid backlash, the stage does not slip in the micro-pitch rack. In this paper, structure and motion of this stage are described under theoretical analysis and experimental results.

1. はじめに

最近、精密加工や高精度計測装置に高精度位置決めステージが求められる。この高精度位置決めステージは、機械的性質と制御的性質の両方を必要とする。機械的性質としては、質量を支える剛性、衝撃に対する剛性、高い剛性を要する。制御的性質としては、駆動力が弾性、制御システムが広く利用可能である。

いくつかの精密加工や高精度計測装置に高精度位置決めステージが開発されている。第1ステージはボールねじと空気スライダを備えた直線ステージである。第2ステージは圧電アクチュエータ駆動の直線ステージである。第3ステージはボールねじ機構とマイクロピッチラックを用いた直線ステージである。第4ステージは圧電アクチュエータ駆動の直線ステージである。第5ステージは弾性フレーム、直線軸、マイクロピッチラックを用いた直線ステージである。弾性フレームは直線軸によって支持され、直線軸はマイクロピッチラックによって支持される。この構造はバックラッシュを回避し、ステージがマイクロピッチラックから滑らないように設計されている。本論文では、この構造の理論的解析と実験的結果について報告する。

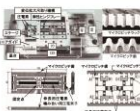


Fig. 1. Photo of precise positioning stage traveling on a micro-pitch rack.

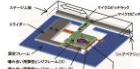


Fig. 2. Structure and ball screw mechanism of the elastic flexure frame.

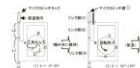


Fig. 3. The micro-pitch rack utilized onto the flexure frame.

*Received on November 18, 2014
*TMU: Faculty member, Department of Mechanical Engineering, Tokyo Metropolitan University (1-1, Minamiosaka, Hachioji, Tokyo 192-0292, JAPAN)

(a) ICPT2014, P2-25DN, pp479-482

(b) 2015 年度精密工学会秋季大会 J67, pp601-602

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの該当なし。

4 事業内容についての問い合わせ先

- 所属機関名： 首都大学東京 大学院理工学研究科 機械工学専攻
- 住 所： 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1
- 代 表 者： 准教授 本田 智 (ホンダ サトシ)
- 担 当 部 署： 設計工学研究室/本田研究室 (セツケイコウガクケンキュウシツ/ホンダケンキュウシツ)
- 担当者名： 准教授 本田 智 (ホンダ サトシ)
- 電話番号： 042-677-2721
- F A X： 042-677-2701
- E - m a i l： shonda@tmu.ac.jp
- U R L： <http://www.comp.tmu.ac.jp/honda-lab/>